

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Bernard ASPAR, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/FR99/02476

INTERNATIONAL FILING DATE: 13 OCTOBER 1999

FOR: METHOD FOR PRODUCING A LAYER OF MATERIAL EMBEDDED IN
ANOTHER MATERIAL**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**
AND THE INTERNATIONAL CONVENTIONAssistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
FRANCE	98/12950	15 OCTOBER 1998

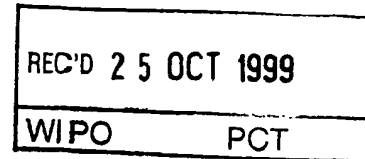
A certified copy of the corresponding Convention application(s) was submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/FR99/02476**. **Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.**

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

**22850**

Norman F. Oblon
Attorney of Record
Registration No. 24,618
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)



BREVET D'INVENTION

09/806511

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 SEP. 1999

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

15 OCT. 1998

98 12950-

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

DATE DE DÉPÔT

15 OCT. 1998

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

BREVATOME

3, rue du Docteur Lancereaux
75008-PARIS
422-5/S002

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande
de brevet européen

☒ demande initiale

☐ brevet d'invention

n° du pouvoir permanent

références du correspondant

téléphone

07068 du

B 13074.3/JL 01 53 83 94 00

12.06.98

DD 1799

date

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

PROCEDE DE REALISATION D'UNE COUCHE DE MATERIAU ENTERREE DANS
UN AUTRE MATERIAU.

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

Forme juridique

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Etablissement de Caractère Scientifique,
Technique et Industriel

Nationalité (s)

Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

31, 33 rue de la Fédération 75015 PARIS

France

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

J. LEHU
422-5/S002

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg B 13074.3/JL
75800 Paris Cédex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9872950

TITRE DE L'INVENTION :

PROCEDE DE REALISATION D'UNE COUCHE DE MATERIAU ENTERREEE
DANS UN AUTRE MATERIAU.

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

J. LEHU
c/o BREVATOME
25 rue de Ponthieu
75008 PARIS

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

ASPAR Bernard

110, lot. le Hameau des Ayes
38140 RIVES

BRUEL Michel

Presvert n°9
38113 VEUREY

MORICEAU Hubert

26 rue du Fournet
38120 ST EGREVE

FRANCE

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

PARIS Le 15 OCTOBRE 1998

J. LEHU
422-5/S002



PROCEDE DE REALISATION D'UNE COUCHE DE MATERIAU
ENTERREE DANS UN AUTRE MATERIAU

5 Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'une couche de matériau enterrée dans un autre matériau. Elle s'applique en particulier au

10 domaine des semiconducteurs et notamment pour la réalisation de substrats du type Silicium sur Isolant.

Actuellement, les substrats de type Silicium sur Isolant (ou SOI pour "Silicon On Insulator") présentent un très grand intérêt pour les

15 applications microélectroniques dans le domaine de la basse consommation. Il existe plusieurs procédés d'obtention de substrats SOI. Les plus utilisés aujourd'hui sont le procédé SIMOX (de l'expression anglo-saxonne "Separation by IMplanted OXYgen") et les

20 procédés basés sur le collage par adhésion moléculaire (appelé "wafer bonding" en anglais). Pour obtenir des films minces de silicium sur de la silice, ces procédés, utilisant le collage par adhésion moléculaire, sont combinés à des procédés

25 d'amincissement. Comme procédé d'amincissement, on peut citer celui divulgué par le document FR-A-2 681 472 où le clivage d'un substrat est obtenu par coalescence, provoquée par un traitement thermique, de microcavités

30 générées par implantation ionique. On peut également citer des procédés utilisant des couches d'arrêt

épitaxiées et la gravure sélective.

Etat de la technique antérieure

35 Il est connu que l'implantation par bombardement d'un gaz rare ou d'hydrogène dans un

matériau semiconducteur (cf. FR-A-2 681 472), ou dans un matériau solide cristallin ou non (cf. FR-A-2 748-850), est susceptible de créer des microcavités ou microbulles (encore appelées "platelets" ou "nanoblister" en anglais) à une profondeur voisine de la profondeur moyenne de pénétration des ions. La morphologie (dimension, forme,...) de ces défauts peut évoluer au cours des traitements thermiques, en particulier ces cavités peuvent voir leur taille augmenter. Suivant la nature du matériau et surtout suivant ses propriétés mécaniques, ces cavités, présentes à la profondeur moyenne de pénétration des espèces gazeuses, peuvent induire suivant les conditions de traitement thermique, des déformations en surface ou "blisters". Les paramètres les plus importants à contrôler pour obtenir ces "blisters" sont la dose de gaz introduite au cours de l'implantation, la profondeur à laquelle les espèces gazeuses sont implantées et le budget thermique total fourni au matériau. Dans certains cas, les conditions d'implantation sont telles qu'après recuit, des microcavités ou microbulles sont présentes au niveau de la profondeur moyenne d'implantation des ions mais leur taille et la pression à l'intérieure de ces cavités ne sont pas suffisantes pour induire des déformations en surface. On se trouve alors en présence d'une couche continue de défauts enterrés sans aucune dégradation de la surface. A titre d'exemple, une implantation d'hydrogène dans une plaque de silicium selon une dose de $3.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$ et une énergie de 25 keV crée une couche enterrée continue de microcavités d'environ 150 nm d'épaisseur à une profondeur moyenne d'environ 300 nm. Ces microcavités se présentent sous forme allongée : leur taille est de l'ordre de 6 nm en longueur et de deux plans atomiques en épaisseur. Si un recuit est effectué à 600°C durant 30 minutes sur cette plaque,

les microcavités grossissent et voient leur taille
 passer de 6 nm à plus de 50 nm en longueur et de
 quelques plans atomiques à 4-6 nm en épaisseur. Par
 contre, aucune perturbation de la surface n'est
 5 observée.

La présence de microcavités s'observe
 également dans le cas d'une implantation par
 bombardement d'hélium, au niveau de la profondeur
 moyenne (R_p) d'implantation dans le silicium. Les
 10 cavités, dans ce cas, ont une forme stable qui n'évolue
 pas au cours du recuit. On peut se référer à ce sujet à
 l'article "Radiation damage and implanted He atom
 interaction during void formation in silicon" de V.
 RAINERI et M. SAGGIO, paru dans Appl. Phys. Lett.
 15 71(12), 22 septembre 1997.

Par ailleurs, il est connu que des défauts
 présents dans les matériaux sont des centres de
 nucléation préférentiels pour la formation d'une phase
 hétérogène. A titre d'exemple, en ce qui concerne la
 20 formation de précipités d'oxyde, trois types de
 nucléation sont répertoriés dans la bibliographie : en
 phase homogène, en phase homogène sous contraintes, en
 phases hétérogène (voir par exemple l'article intitulé
 "Oxygen Precipitation in Silicon" de A. BORHESI et al.,
 25 paru dans J. Appl. Phys. 77(9), 1995, pages 4169-4244).
 Cet oxygène qui précipite est contenu dans le matériau
 initial. Il provient par exemple de l'étape de
 formation du matériau.

Par nucléation on entend la formation
 30 d'aggrégats de quelques atomes d'oxygène dans le
 silicium pour former des centres de nucléation appelés
 "nucleis" ou "precipitate embryos" en anglais. De façon
 simplifiée, la nucléation peut apparaître dans des
 sites cristallins correspondant à des noeuds du réseau
 35 où quelques atomes d'oxygène interstitiels sont proches
 les uns des autres (nucléation homogène) ou sur des

défauts du réseau (nucléation hétérogène). Il est connu
 que ces défauts de réseau peuvent être des défauts
 ponctuels, des défauts induits par la présence d'un
 élément extérieur à la matrice (par exemple du carbone
 5 dans le silicium) ou des complexes comme par exemple
 des complexes oxygène-carbone (voir l'article cité plus
 haut de A. BORHESI et al.). Par exemple, les défauts
 ponctuels intrinsèques au matériau comme les clusters
 de lacunes formés au cours de la croissance du silicium
 10 peuvent également être des centres de nucléation pour
 obtenir des "nucléis". Par ailleurs, comme exemple de
 défauts induits par la présence d'un élément extérieur,
 on peut citer le cas du carbone introduit dans le
 substrat pour créer une couche continue et enterrée
 15 riche en carbone qui servira de zone de nucléation.
 L'introduction de carbone peut être obtenue par
 implantation par bombardement de carbone.

Après la phase de formation de ces centres
 de nucléation, pour obtenir un précipité de taille plus
 20 importante, il est nécessaire d'avoir une phase de
 précipitation. La précipitation dans un matériau est un
 phénomène d'agrégation d'atomes pour former des petites
 particules ou précipités.

Le rayon critique r_c qui définit la taille
 25 minimale des précipités pouvant exister est donné, pour
 une concentration d'oxygène en interstitiel dans le
 matériau, par la relation : $r_c = (2 \sigma / \Delta H) (T_s / T_s - T)$
 σ étant l'énergie de surface,

ΔH étant l'enthalpie de formation,

30 T étant la température exprimée en kelvin,

T_s étant la température d'équilibre correspondant à
 la quantité d'oxygène donnée,

(voir l'article intitulé "Oxygen Precipitation
 Czochralski Silicon" de R. CRAVEN, Elec. Chem. Soc.,
 35 Proceedings of the 4th Int. Symp. on Silicon Materials
 Science and Technology, Vol. 81-5, 1981).

A partir de cette équation, on voit bien que
 l'augmentation de la température entraîne la croissance
 des précipités.

En résumé, les défauts créent des centres
 5 de nucléation qui vont servir à la formation de
 précipités qui vont ensuite grossir.

D'autre part, des études ont montré la
 possibilité de diminuer le nombre de discontinuités de
 la couche d'oxyde enterrée dans le cas des substrats
 10 SOI obtenus par le procédé SIMOX "faible dose" à l'aide
 d'une oxydation à haute température (supérieure à
 1350°C) du film de silicium (voir le brevet
 US 5 589 407 et l'article intitulé "An Analysis of
 Buried-Oxide Growth in Low-dose SIMOX Wafers by
 15 High-Temperature Thermal Oxidation" de S. MASUI et al.,
 Proceedings 1995 IEEE International SOI Conference,
 octobre 1995). Ce procédé, dénommé ITOX (pour Internal
 Oxidation), permet d'oxyder la couche d'oxyde enterrée
 au moyen d'une diffusion d'oxygène de la surface vers
 20 la couche enterrée d'oxyde. D'autres auteurs montrent
 que le même phénomène se produit à des températures
 plus basses, de l'ordre de 1200°C (voir l'article
 "Internal Oxidation of Low Dose Separation by
 Implantated Oxygen Wafers in Different Oxygen/Nitrogen
 25 Mixtures" de P. ERICSSON et S. BENGTSSON, accepté pour
 publication dans la revue Appl. Phys. Lett.).

Ces derniers résultats indiquent que
 l'introduction d'oxygène dans le matériau dépend au
 premier ordre du temps passé à haute température et non
 30 de la quantité d'oxygène dans l'atmosphère du recuit.
 Il semble donc que l'introduction d'oxygène soit limitée
 par la solubilité limite de l'oxygène dans le silicium.
 Ainsi, plus la température est élevée, plus l'effet
 d'oxydation de la couche d'oxyde enterrée est rapide.
 35 Un exemple de ce phénomène indique qu'à 1200°C, si l'on
 introduit 5% d'oxygène dans de l'azote, 8 heures de

recuit permettent à la couche enterrée d'oxyde de voir
~~son épaisseur passer de 860 angströms à 1330 angströms.~~
 Cette oxydation "interne" présente l'intérêt de
 diminuer la densité de discontinuités de l'oxyde
 5 enterré.

Exposé de l'invention

L'invention propose un nouveau procédé de
 10 réalisation d'une couche enterrée de matériau dans un
 substrat d'un autre matériau. Un aspect original de
 l'invention consiste à créer des microcavités enterrées
 dans le substrat et non des défauts cristallins pour
 créer des pièges. Dans le cas notamment où le substrat
 15 est en silicium, ceci permet d'obtenir une couche
 superficielle de silicium de bien meilleure qualité et
 n'oblige pas à soumettre le substrat à une température
 de l'ordre de 1300°C afin de guérir les défauts créés
 par implantation d'oxygène par exemple.

20 La présente invention présente aussi
 l'avantage de pouvoir mettre en oeuvre une implantation
 avec une faible dose d'un élément léger (par exemple
 l'hydrogène) qui n'induit pas de défaut cristallin
 entre la surface implantée et la zone de création de
 25 microcavités, contrairement à ce qui se passe lorsque
 l'on plante des ions comme l'oxygène, le silicium ou
 l'argon. Ce procédé est simple à mettre en oeuvre,
 l'implantation pouvant se faire à température ambiante.

~~L'invention a donc pour objet un procédé de~~
 30 ~~réalisation d'une couche d'un premier matériau enterré~~
~~dans un substrat comportant au moins un deuxième~~
~~matériau, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes~~
~~suivantes :~~

- la formation dans ledit substrat, au
 35 niveau de la couche enterrée désirée, d'une couche de
 microcavités (appelées encore "platelets" ou

microbulles) destinées à servir de centres de
 nucléation pour élaborer ledit premier matériau dans le
 deuxième matériau, ---

- la formation de germes de précipités à
 5 partir des centres de nucléation formés, les germes de
 précipités correspondant au premier matériau,

- la croissance des précipités à partir des
 germes par concentration d'espèces correspondant au
 premier matériau et apportées à la couche de
 10 microcavités.

La couche de microcavités peut être formée
 en introduisant dans le deuxième matériau des espèces
 gazeuses qui sont avantageusement choisies parmi
 l'hydrogène, l'hélium et le fluor. On peut aussi former
 15 une couche poreuse sur une face du substrat et
 constituer, par épitaxie, une couche du deuxième
 matériau sur la couche poreuse. On peut encore former
 la couche de microcavités par une inclusion de gaz
 provoquée durant l'élaboration du substrat. Elle peut
 20 aussi être formée à partir de l'interface constituée
 par la solidarisation d'un premier élément de substrat
 et d'un deuxième de substrat, fournissant ledit
 substrat. La couche de microcavités peut alors résulter
 de la présence de particules à ladite interface, de la
 25 rugosité de surface d'au moins un élément parmi le
 premier élément de substrat et le deuxième élément de
 substrat, de la présence de micro-évidements à la
 surface d'au moins un élément parmi le premier élément
 de substrat et le deuxième élément de substrat ou de
 30 contraintes induites à ladite interface.

~~Les germes de précipités peuvent être~~
 formés à partir d'espèces présentes dans le deuxième
 matériau. Ils peuvent aussi être formés à partir
 d'espèces introduites dans le deuxième matériau. Cette
 35 introduction peut être réalisée par diffusion activée
 thermiquement. Dans ce cas, si la formation des

microcavités met en oeuvre un traitement thermique, les
~~germes de précipités peuvent être formés simultanément~~
~~avec les microcavités.~~

La croissance des précipités peut être
5 réalisée par concentration d'espèces introduites dans
le substrat. Cette introduction peut se faire par
diffusion activée thermiquement, sous pression ou au
moyen d'un plasma.

La croissance des précipités peut être
10 réalisée par concentration d'espèces présentes dans le
substrat, sous l'effet d'un traitement thermique.

Si la formation des germes de précipités et
la croissance de ces précipités sont deux opérations
nécessitant un traitement thermique, ces opérations
15 peuvent être menées simultanément.

L'invention s'applique notamment à la
réalisation d'un substrat semiconducteur pourvu d'une
couche enterrée. Elle s'applique en particulier à la
réalisation d'un substrat en silicium pourvu d'une
20 couche enterrée d'oxyde de silicium.

La couche enterrée peut être continue ou
non suivant les applications visées. Pour cela, on peut
jouer sur la densité de précipités, sur l'utilisation
d'un masque protégeant certaines zones du matériau
25 soumis au procédé de l'invention

Brève description du dessin

~~L'invention sera mieux comprise et d'autres~~
30 ~~avantages et particularités apparaîtront à la lecture~~
~~de la description qui va suivre, donnée à titre~~
~~d'exemple non limitatif, accompagnée du dessin annexé~~
~~qui représente, en vue transversale, un substrat dans~~
~~lequel est prévue une couche enterrée d'un matériau~~
35 ~~différent du matériau constituant le substrat.~~

Description détaillée de modes de réalisation de
l'invention

A titre d'exemple, on va décrire un procédé
5 de réalisation d'un substrat SOI selon la présente invention, en partant d'un substrat massif de silicium.

La première étape consiste à former une couche de microcavités dans le substrat référencé 1 sur la figure annexée.

10 Une technique simple à mettre en oeuvre consiste à former cette couche de microcavités par bombardement d'hydrogène à des doses (par exemple $3.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$) qui permettent d'obtenir à la profondeur moyenne de pénétration des particules R_p , et après
15 recuit à 600°C pendant 30 minutes, des microcavités allongées dont la longueur est de quelques dizaines de nanomètres. Si l'énergie d'implantation est de l'ordre de 50 keV, la profondeur moyenne R_p de la couche de microcavités 2 se trouve à environ 500 nm de la face 3
20 du substrat au travers de laquelle est effectuée l'implantation. La largeur de la couche de microcavités 2 est alors de l'ordre de 150 nm.

Le couple dose d'hydrogène implantée/recuit de formation des microcavités est fortement dépendant
25 des paramètres d'implantation et en particulier de la température d'implantation.

Sous le terme hydrogène, on entend les espèces gazeuses constituées sous leur forme atomique,
sous leur forme moléculaire, sous leur forme ionique,
30 sous leur forme isotopique (deutérium) ou encore sous leur forme isotopique et ionique.

Le substrat SOI désiré devant présenter une couche d'oxyde de silicium enterrée, la phase de création de germes de précipités d'oxyde peut être
35 réalisée à partir de l'oxygène présent dans le silicium du substrat, au moyen d'un traitement thermique à une

température comprise entre 750°C et 800°C. Etant donné
~~que l'on désire obtenir une couche enterrée d'oxyde, il~~
est préférable que l'atmosphère du recuit contienne de
l'oxygène. Dans ce cas, une faible épaisseur d'oxyde se
5 forme à la surface du substrat. Cette couche d'oxyde
superficielle pourra être éliminée à la fin du procédé
selon l'invention.

Une fois les germes de précipités formés,
on va les faire grossir au moyen d'un recuit
10 d'oxydation. Il faut alors tenir compte de deux
paramètres : la quantité d'oxygène introduite dans le
matériau et le rayon critique des précipités d'oxyde.

La quantité d'oxygène introduite dans le
matériau est contrôlée par la solubilité limite de
15 l'oxygène dans le silicium. Plus la température est
élevée et plus la solubilité limite est élevée.

Le rayon critique des précipités d'oxyde
est d'autant plus grand que la température est élevée.

En conséquence, si l'on veut faire croître
20 des précipités de petites dimensions et ne pas les
dissoudre, il est nécessaire de réaliser le traitement
thermique à une température inférieure à la température
de dissolution du précipité. Il faut donc trouver un
bon compromis. Une solution est d'effectuer des temps
25 de recuit longs avec des montées lentes en température.
A titre d'exemple, on peut procéder ainsi :

- un premier palier à 750°C pendant 2
heures,

~~- un deuxième palier 800°C pendant 3~~
30 heures,

~~- un troisième palier à 900°C pendant 2~~
heures,

- un quatrième palier à 1000°C pendant 2
heures,

35 - un cinquième palier à 1100°C pendant 2
heures,

- un sixième palier à 1200°C pendant 8 heures avant de redescendre en température.

Un autre point important à contrôler est l'atmosphère du recuit. S'il est nécessaire de rester longtemps à 1200°C pour introduire de l'oxygène dans la matrice de silicium, le substrat va également être oxydé en surface de façon importante. Pour garder un maximum de silicium en surface, il faut utiliser une atmosphère à faible teneur en oxygène, par exemple 5% d'oxygène dilué dans de l'azote. Dans ce cas, pour un palier de 8 heures à 1200°C, l'épaisseur superficielle d'oxyde est de l'ordre de 120 nm et la couche d'oxyde enterrée formée est alors d'environ 50 nm. On obtient ainsi une couche enterrée 2 d'oxyde de 50 nm d'épaisseur sous un film mince 4 de silicium d'environ 350 nm.

Les épaisseurs de la couche 2 d'oxyde et du film mince 4 sont donc conditionnées par l'énergie d'implantation et les conditions de recuit (atmosphère, durée, température).

Une variante du procédé peut consister à implanter de l'hélium avec une dose de $2 \cdot 10^{16} \text{He}^+/\text{cm}^2$ sous une énergie d'implantation de 100 keV et d'effectuer un recuit à 900°C pendant 55 minutes pour obtenir une couche de microcavités à une profondeur moyenne d'environ 600 nm de la surface implantée. Le substrat de silicium peut ensuite être oxydé dans des conditions (paliers de température et durée) identiques à celles mentionnées ci-dessus, mais en débutant directement à 900°C. On obtient alors, par le même processus que précédemment une couche d'oxyde enterrée de 50 nm d'épaisseur sous un film de silicium d'environ 450 nm d'épaisseur.

L'invention permet donc d'obtenir, à partir d'un substrat massif 1 en silicium, un substrat SOI constitué d'une plaque 5 de silicium recouverte d'une

couche isolante 2 elle-même recouverte d'un film mince
4 de silicium.

--Parmi-- les avantages --du-- procédé selon
l'invention, on peut citer le fait qu'il permet
5 d'utiliser une seule tranche d'un même matériau pour
fournir un substrat SOI. Il procure une très bonne
homogénéité au film mince de silicium et à la couche
d'oxyde enterrée. Il peut être mis en oeuvre en
utilisant des équipements standard en
10 microélectronique. Il présente aussi l'avantage d'être
simple de mise en oeuvre.

REVENDICATIONS

----- 1. Procédé de réalisation d'une couche (2)
d'un premier matériau enterré dans un substrat (1)
5 comportant au moins un deuxième matériau, caractérisé
en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- la formation dans ledit substrat (1), au
niveau de la couche enterrée désirée, d'une couche de
microcavités destinées à servir de centres de
10 nucléation pour élaborer ledit premier matériau dans le
deuxième matériau,

- la formation de germes de précipités à
partir des centres de nucléation formés, les germes de
précipités correspondant au premier matériau,

15 - la croissance des précipités à partir des
germes par concentration d'espèces correspondant au
premier matériau et apportées à la couche de
microcavités.

2. Procédé selon la revendication 1,
20 caractérisé en ce que la couche de microcavités est
formée en introduisant dans le deuxième matériau des
espèces gazeuses.

3. Procédé selon la revendication 2,
caractérisé en ce que les espèces gazeuses utilisées
25 pour former la couche de microcavités sont choisies
parmi l'hydrogène, l'hélium et le fluor.

4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que, pour former la couche de
microcavités, on forme une couche poreuse sur une face
30 dudit substrat et on constitue, par épitaxie, une
couche dudit deuxième matériau sur la couche poreuse.

5. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la couche de microcavités est
formée par une inclusion de gaz provoquée durant
35 l'élaboration du substrat.

6. Procédé selon la revendication 1,
~~caractérisé en ce que la couche de microcavités est~~
~~formée à partir de l'interface constituée par la~~
solidarisation d'un premier élément de substrat et d'un
5 deuxième de substrat, fournissant ledit substrat.

7. Procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte
de la présence de particules à ladite interface.

8. Procédé selon la revendication 6,
10 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte
de la rugosité de surface d'au moins un élément parmi
le premier élément de substrat et le deuxième élément
de substrat.

9. Procédé selon la revendication 6,
15 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte
de la présence de micro-évidements à la surface d'au
moins un élément parmi le premier élément de substrat
et le deuxième élément de substrat.

10. Procédé selon la revendication 6,
20 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte
de contraintes induites à ladite interface.

11. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les germes de précipités sont
formés à partir d'espèces présentes dans le deuxième
25 matériau.

12. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les germes de précipités sont
formés à partir d'espèces introduites dans le deuxième
matériau.

30 13. Procédé selon la revendication 12,
caractérisé en ce que ladite introduction est réalisée
par diffusion activée thermiquement.

14. Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce que, la formation des microcavités
35 mettant en oeuvre un traitement thermique, les germes

de précipités sont formés simultanément avec les microcavités.

5 15. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat (1).

10 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat par diffusion activée thermiquement.

17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites sous pression dans le substrat.

15 18. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat au moyen d'un plasma.

20 19. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces présentes dans le substrat, sous l'effet d'un traitement thermique.

25 20. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la formation des germes de précipités et la croissance des précipités étant deux opérations nécessitant un traitement thermique, ces opérations sont menées simultanément.

30 21. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 à la réalisation d'un substrat semiconducteur pourvu d'une couche enterrée.

35 22. Application selon la revendication 21, caractérisée en ce que le substrat (1) est en silicium et en ce que la couche enterrée (2) est une couche d'oxyde de silicium.

